Молодой специалист
Young specialist
Жас маман
Yosh mutaxassis

Volume 2 | Issue 21 |
December 2023
ISSN: 2791-3651

ВЛИЯНИЕ СООТНОШЕНИЯ СКОРОСТЕЙ ПАССАЖИРСКИХ И ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ НА ПРОПУСКНУЮ И ПРОВОЗНУЮ СПОСОБНОСТЬ ДВУХПУТНЫХ ЛИНИЙ

Абдуллаев Жасурбек Якубович
PhD, ассистент, Ташкентский государственный транспортный университет
zafarchik0901@mail.ru

Ачилов Умарбек Рустамович
студент магистратуры, Ташкентский государственный транспортный университет
frozen13311@gmail.com

Наурзалиева Шайдахан Максет кизи
студент, Ташкентский государственный транспортный университет
naurzalievashaydaxan@gmail.com

Аннотация: В данной статье исследование и определение влияния соотношения ходовых скоростей движения грузовых и пассажирских поездов зависит от коэффициентов съема, уровня загрузки линии, на пропускную и провозную способность на двухпутных линиях, экономически обосновать размеры движения грузовых поездов. При меньшем соотношении числа поездов, пропускную способность следует считать, как для параллельного графика, поскольку пассажирские поезда возможно проложить таким образом, чтобы они не мешали грузовому движению. Методы: при анализе и решении исходной задачи использован метод «ИПС и Угрюмовым», для оценки по этому методу применены математические закономерности. Результаты: рассчитана величина коэффициент съёма полученные результаты сравниваются двумя способами. Применение методики ИПС приводит к занижению наличной пропускной способности, а, следовательно, к необоснованному требованию необходимости ее увеличения. В исследовании применение подходе А.К. Угрюмова, так как на двухпутных участках необходимо решать вопрос о величине коэффициента съема грузовых поездов пассажирскими в целом по всему участку. Полученные результаты использованы при расчете пропускную и провозную способность на двухпутных линии при организации смешанного движения. Практическая значимость: полученные результаты значения величины коэффициента съема грузовых поездов пасажирскими достоверности аппроксимации для двухпутного участка показывают, так как R^2 стремится к 1.

Ключевая слова: смешанное движение, график движения поездов, коэффициент съема, ограничивающий перегон, интервал попутного прибытия и отправления поездов, интервал между грузовыми поездами.

Молодой специалист
Young specialist
Жас маман
Yosh mutaxassis

Volume 2 | Issue 21 |
December 2023
ISSN: 2791-3651

INFLUENCE OF THE SPEED RATIO OF PASSENGER AND FREIGHT TRAINS ON THE CAPACITY AND CAPACITY OF DOUBLE-TRACK LINES

Abdullaev Zhasurbek
PhD, assistant, Tashkent state transport university
zafarchik0901@mail.ru

Achilov Umarbek Rustamovich
master student, Tashkent state transport university
frozen13311@gmail.com

Naurzalieva Shaydakhan Maxset kizi
student, Tashkent state transport university
naurzalievashaydaxan@gmail.com

Annotation: In this article, the study and determination of the influence of the ratio of running speeds of freight and passenger trains depends on the removal rates, the level of load of the line, on the throughput and carrying capacity on double-track lines, to economically justify the size of the movement of freight trains. With a smaller ratio of the number of trains, the capacity should be considered as for a parallel schedule, since passenger trains can be routed in such a way that they do not interfere with freight traffic. Methods: when analyzing and solving the original problem, the "IPS and Ugryumov" method was used; mathematical laws were used to evaluate this method. Results: the removal coefficient value was calculated and the results obtained were compared in two ways. The use of the IPS methodology leads to an underestimation of available throughput, and, consequently, to an unreasonable requirement for the need to increase it. The study uses the approach of A.K. Ugryumov, since on double-track sections it is necessary to resolve the issue of the magnitude of the coefficient of removal of freight trains by passenger trains as a whole throughout the entire section. The results obtained were used to calculate the throughput and carrying capacity on double-track lines when organizing mixed traffic. Practical significance: the obtained results show the value of the coefficient of removal of freight trains by passenger trains to the reliability of the approximation for a double-track section, since R^2 tends to 1.

Key words: mixed traffic, train schedule, removal rate, limiting haul, interval of passing train arrivals and departures, interval between freight trains.

ВВЕДЕНИЕ

Влияния соотношения скоростей движения грузовых и пассажирских поездов является важным резервом наращивания пропускной и провозной способности на железнодорожных участках, потребность в локомотивном и вагонном парке, ускорения доставки грузов и сокращения времени поездки пассажиров. За последние время в системе организации движения поездов произошли коренные изменение. Разрыв скоростей их движения продолжает увеличиваться, это оказывает большое влияние на пропускную и провозную способность линии [1, 2]. В нашей стране этот вопрос очень актуальной.

Volume 2 | Issue 21 |
December 2023
ISSN: 2791-3651

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ.

В Республики Узбекистана вследствие значительной протяженности территории, осуществляется развития существующей инфраструктуры железных дорог, что приводит к необходимости оценки пропускной и провозной способности линии при условии организации поездов смешанного движения.

Согласно Инструкции в диапазоне скоростей от 201 до 350 км/ч коэффициенты съема рассчитываются порядком, указанным для пассажирских поездов со скоростями движения до 200 км/ч. При этом исходными данными к расчету являются, в том числе, времена хода скоростных и высокоскоростных поездов, устанавливаемые в соответствии с тяговыми расчетами[3] .

Расчет величины коэффициента съема является наиболее сложным элементом методики определения пропускной способности железнодорожных участков.

В настоящем время установилось два способа нахождения коэффициентов съема.

Первый способ определения коэффициента съема учитывает зависимости различных категорий поездов их времени хода и от количества пассажирских поездов на участке.

Второй способ определения коэффициента съема учитывает зависимости соотношение ходовых скоростей движения грузовых поездов различных категориях их времени хода по рассматриваемому участку.

Поэтому для определения коэффициента съема при организации смешанного движения необходимо для каждого перегона и направлении разрабатывать модель изменения времени хода и в зависимости от соотношения скоростей движения пассажирских и грузовых поездов, что является достаточно трудоемким.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ.

В области организации движения поездов, обращали внимание на то, что соотношения ходовых скоростей движения пассажирских и грузовых поездов оказывает, существенно влияние на показатели графика движения поездов и уровень использования пропускной и провозной способности: Н.А. Воробьевым и А.Д. Каретниковым [12], Ф.П. Кочневым [13], Б.М. Максимович [14], М.А. Макарочкиным [15], Ю.В. Дьяковым [16], А.К. Угрюмовым [22], Г.М. Грошевым [7-9], О.В. Котенко [18], А.С. Альшумари [19], А.А. Грачевым [17, 20], Е.В. Климовым [3, 21]. Ими был выработан общий подход к вычислению пропускной способности [2, 4, 5, 6], который в дальнейшем получили развитие в методику [10, 11]. Тем не менее и в настоящее время отсутствует метод, позволяющий точно рассчитать пропускную способность железнодорожной линии при непараллельном графике движения поездов.

МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ.

В связи с вышеперечисленным, а так же для минимизации расчетов предлагается предложенная методика определения коэффициентов съема грузовых при различных категориях поездами с помощью трендовой модели:

1) в соответствии с тяговыми расчетами устанавливаются времена хода грузовых поездов на каждом перегонов в диапазоне скоростей 60-100 км/ч с шагом не менее 5 км/ч;

2) для каждого участка железных дорог, входящих в полигон обращения различных категории поездов определяются коэффициенты съема грузовых поездов пассажирскими в диапазоне скоростей пассажирских поездов от 80 до 250 км/ч в соответствии с инструкции наличной пропускной способности.

3) производится построение графика зависимости коэффициентов съема от скорости движения пассажирских поездов и добавляется логарифмическая линия тренда. Далее

Volume 2 | Issue 21 |
December 2023
ISSN: 2791-3651

определяется уравнение и анализируется значение величины достоверности аппроксимации. Значение последнего показателя должно быть приближено к 1,тогда трендовая модель признается соответствующей исходным данным;

4) на основании уравнения рассчитывается величина коэффициент съема обычными пассажирскими поездами, скоростными, скоростными и высокоскоростными поездами для соотношения ходовых скоростей движения грузовых и пассажирских поездов.

5) график изменения уровня загрузки железнодорожного участка, в зависимости от соотношения ходовых скоростей движения пассажирского и грузового поездов;

6) Зависимости пропускной и провозной способность участка от скорости движения грузовых поездов (в том числе, зависимости число скоростных и высокоскоростных пассажирских поездов).

АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ.

В свою очередь, рост скоростей движения грузовых поездов позволяет уменьшить негативные влияние пассажирских поездов, в том числе скоростных, на пропускную и провозную способность железнодорожных линий. В рамках исследование, которого для условного полигона железной дороги были установлены зависимости коэффициента съема грузовых поездов пассажирскими поездами и провозной способности от скорости движения грузовых поездов при следующих исходных данных:

- протяженность двухпутного участка – 344 км, участок оборудован автоблокировкой и состоит из 9 перегонов;
- скорость хода грузовых поездов от скорости 60 до 100 км/час шагом коэффициент реализации скорости (отношение ходовой скорости движения поезда к максимально допустимой) – 0,8;
- скорость хода пассажирских поездов 120 км/час, скоростных 160км/час, коэффициент реализации скорости - 0,95;
- общее количество пассажирских поездов на участке – 15, в том числе скоростных и высокоскоростных от 0 до 4.
- интервал между грузовыми поездами 8 мин, масса грузового поезда 3800 т.

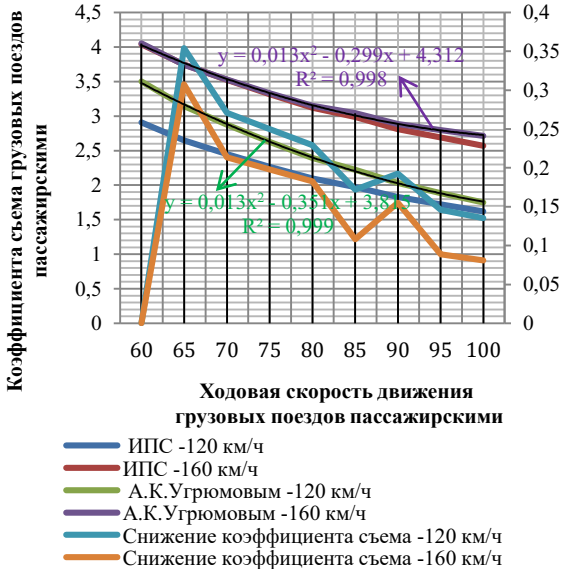

Рисунок 1. Зависимости коэффициента съема от скорости грузовых поездов и его снижение

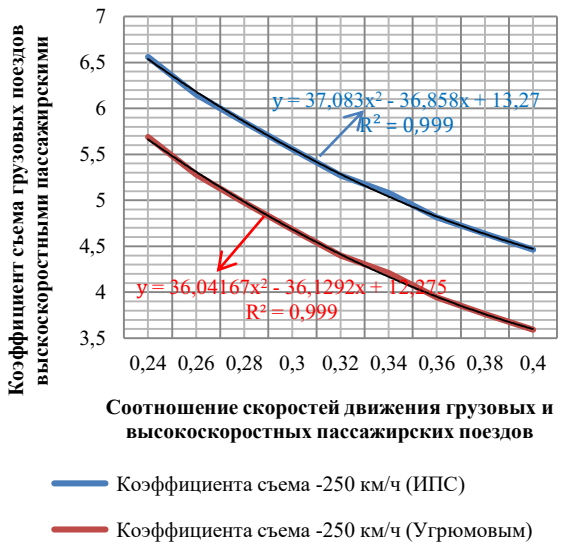

Рисунок 2. Зависимости коэффициента съема от скорости грузовых поездов

Volume 2 | Issue 21 |
December 2023
ISSN: 2791-3651

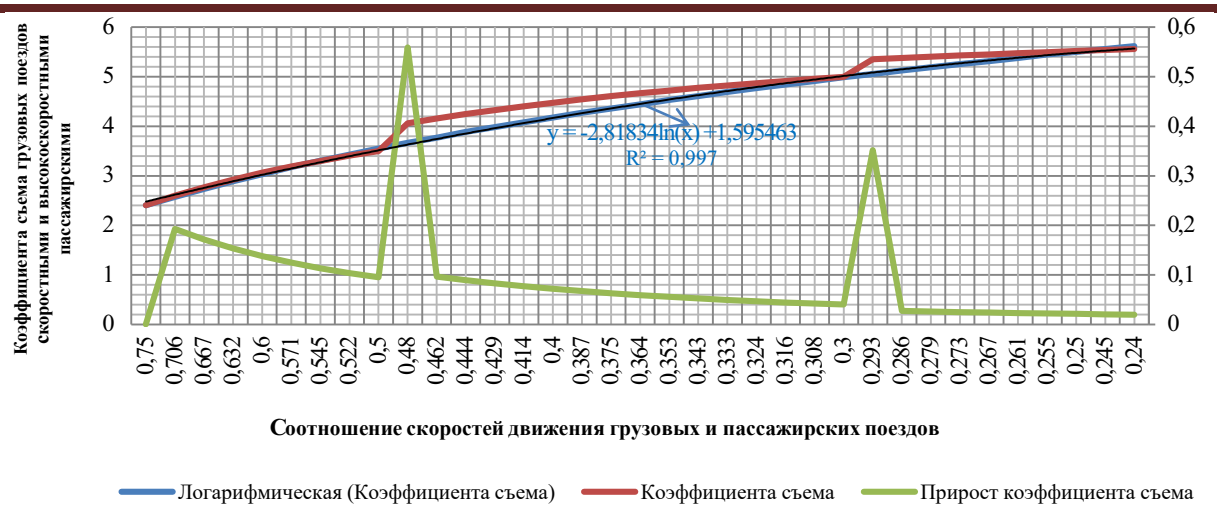

Рисунок 3. Зависимость коэффициента съема грузовых поездов скоростными и высокоскоростными пассажирскими поездами.

В рамках исследования произведены сравнительный анализ по двух подходов расчеты коэффициентов съема грузовых поездов на полигоне организации смешанного движения на участке Ташкент-Самарканд.

Графики зависимости коэффициентов съема грузовых поездов от ходовых скоростей движения пассажирских и грузовых представлены на рис. 1, 2, 3.

Как видно приведены на рис. 1, что расчеты коэффициента съема действующей Инструкции по наличной пропускной способности намного ближе к приведенным методов А. К. Угрюмовым. По сравнению коэффициента съема на двух методов, среднее отклонение от ИПС до 16% со скоростью пассажирского движения, а при скорости скоростного пассажирского движения 160 км/ч – 5% соответственно.

Применение методики ИПС приводит к занижению наличной пропускной способности, а следовательно, и к необоснованному требованию необходимости ее увеличения. В диссертационных работах предложил подходе А.К.Угрюмовым, потому на двухпутных участках необходимо решать вопрос о величина коэффициента съема грузовых поездов пассажирскими на целом по всех участку.

На рис 2. влияние в зависимости соотношение скоростей движения грузовых и высокоскоростных пассажирских поездов коэффициент съема грузовых поездов пассажирскими при разрозненной прокладки пассажирских поездов. Так как, при увеличении соотношение ходовых скоростей движения грузовых и пассажирских поездов величины коэффициент съема будет уменьшается при $\Delta = 0{,}24$ (грузовой поезда со скоростью 60 км/ч) на 5,68, а при $\Delta = 0{,}4$ (грузовой поезда со скоростью 100 км/ч) на равно 4,4.

Проведенными исследованиями установлено, что коэффициент съема грузовых поездов пассажирскими для высокоскоростного пассажирского движения возможно рассчитывать по формуле:

$$\varepsilon_0^{\text{вс}} = 36{,}04167\Delta^2 - 36{,}1292\Delta + 12{,}275 \qquad (1)$$

Приведены формулы расчета коэффициентов съема грузовых поездов пассажирскими возможно использовать при расчетах пропускной способности двухпутных железнодорожных направлений направлении Ташкент-Самарканд.

Volume 2 | Issue 21 |
December 2023
ISSN: 2791-3651

Необходимо отметить, что аппроксимация (R^2=0,999) коэффициенту съемку при скорости грузового поезда колебании от 60 до 100 км/ч и пассажирского поезда 250 км/ч расселяется пономинальному закону распределения.

Как видно показал на рис. 3., коэффициент съема возрастает по прямой нелинейной зависимости, его приходится при скорости движения грузовых поездов. При увеличении ходовых скоростей движения пассажирских поездов коэффициент съема будет возрастает при скорости 80 км/час на 2,4, а при скорости 250 км/час до 5,559.

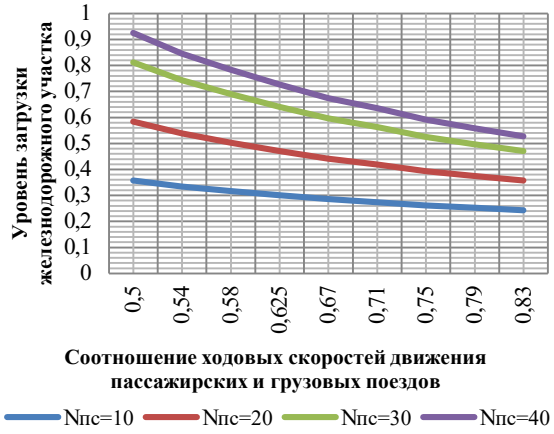

Рисунок 4. График изменения уровня загрузки железнодорожного участка в зависимости от соотношения ходовых скоростей движения обычно пассажирского и грузового поездов.

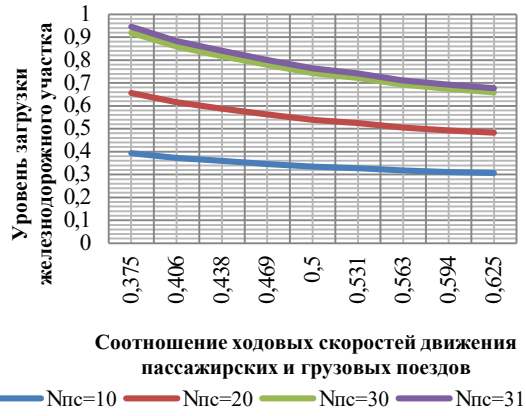

Рисунок 5. График изменения уровня загрузки железнодорожного участка в зависимости от соотношения ходовых скоростей движения скоростного пассажирского и грузового поездов.

Как видно рисунки 4, 5 из представленного графика, что с повышением ходовых скоростей грузового движения на железнодорожном двухпутном участке при прочих равных условиях уровень загрузки участка снижается и наоборот. Минимальный уровень загрузки железнодорожного участка имеет место, когда время нахождения на участке грузового поезда, равно времени нахождения пассажирского, т.е. график является параллельным.

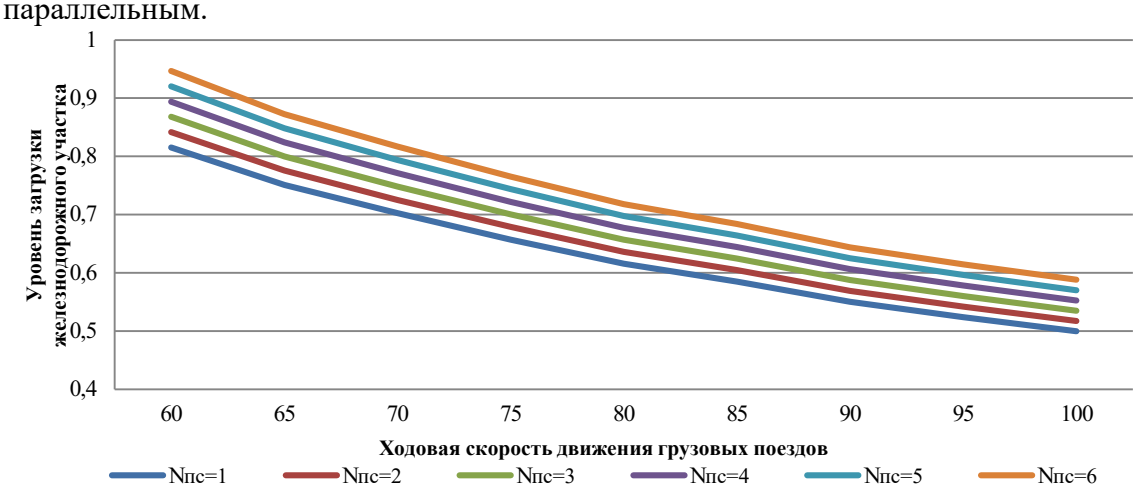

Рисунок 6. График изменения уровня загрузки железнодорожного участка в зависимости от ходовых скоростей движения грузового поезда. $N_{пс}$ – число пассажирских поездов (обычно пассажирского и скоростного и высокоскоростного пассажирского поездов).

Volume 2 | Issue 21 |
December 2023
ISSN: 2791-3651

Как видно из представленного графики на рис. 6, что рассчитывать пропускную способность по формулам, выведенным для непараллельного графика целесообразно, начиная с определенного соотношения движения грузовых и пассажирских поездов (с 20 грузовых, пассажирских 29, в том числе 6 скоростных пассажирских поездов). При меньшем соотношении числа поездов пропускную способность следует считать, как для параллельного графика, поскольку пассажирские поездах возможно проложить таким образом, чтобы они не мешали грузовому движению.

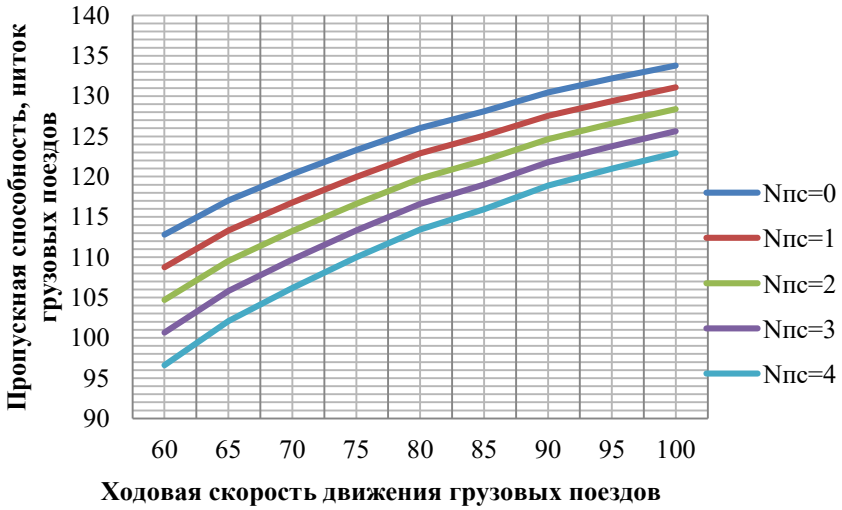

Рисунок 7. Зависимости пропускной способность участка от скорости движения грузовых поездов $N_{пс}$- число скоростных поездов.

В условиях увеличения скоростей движения грузовых поездов наличной пропускной способность, выраженная в нитках грузовых поездов, с учетом влияния пассажирского движения будет возрастать. Например, при организации движения 15 пар пассажирских поездов со скорости 120 км/час, а грузовых – 70,80 и 90 км/час, наличная пропускная способность увеличивается на 19, 25,4 и 31,4 нитки грузовых поездов в сутки.

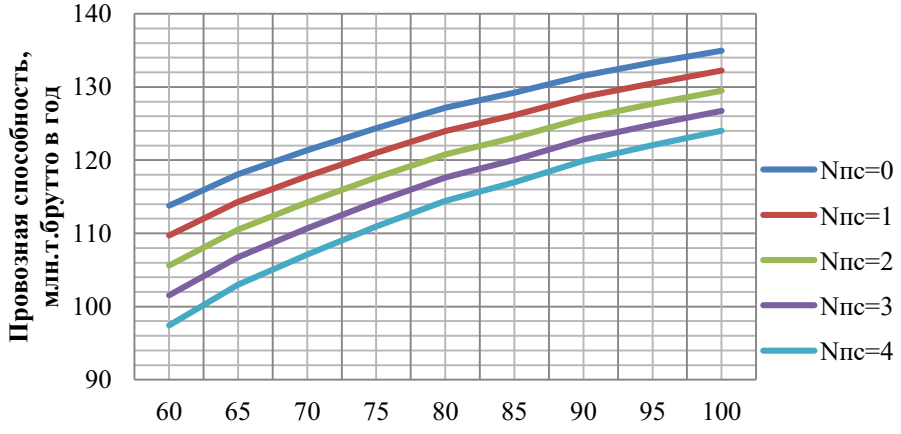

Рисунок 8. Зависимости провозная способность от ходовой скорости движения грузовых и пассажирских поездов.

На рис. 8. приведены, увеличения скоростей движения грузовых поездов провозной способности с учетом влияния пассажирских движения будет возрастать. На рис. 8. приведены, увеличения скоростей движения грузовых поездов провозной способности с учетом влияния пассажирских движения будет возрастать. При организации движения

Volume 2 | Issue 21 |
December 2023
ISSN: 2791-3651

пассажирских поездов со скоростью 120 км/ч, а грузовых поездов при скорости 70 км/ч на 119,72 млн.т. брутто в год, 80 км/ч на 125,52 млн.т. брутто в год, 90 км/ч на 129,94 млн.т. брутто в год, 100 км/час 133, 34 млн.т. брутто в год, увеличивается на 7,56 , 13,36 , 17,76, и 21,18 млн.т.брутто в год соответственно.

Исследовании доказано, что при необходимости подобрать увеличения ходовых скоростей движения грузовых поездов сокращается при обгонов, интервал попутного прибытия и отправления, а пропускная и провозная способность возрастает.

Практическое приложение результатов. Полученные в ходе исследования результаты были использованы пропускной способности участка Ташкент-Самарканд при организации смешанного движения.

ВЫВОДЫ.

1. Расчеты величина коэффициента съема действующей Инструкции по наличной пропускной способности (ИПС) намного ближе к приведенным методов А.К. Угрюмовым. По сравнению коэффициента съема на двух методов, среднее отклонение со скоростью обычного пассажирского движения способа Угрюмовым, чем больше от ИПС до 16%, а при скорости скоростного пассажирского движения 160 км/ч – 5% соответственно.

2. Применение методики ИПС приводит к занижению наличной пропускной способности, а следовательно, и к необоснованному требованию необходимости ее увеличения.

3. Влияния соотношение ходовых скоростей движения пассажирских и грузовых поездов на уровень загрузки железнодорожном двухпутном участке, при прочих равных условиях уровень загрузки участка снижается и наоборот. В данном случае имеет место совершенно иная тенденция, изменения уровня загрузки железнодорожного участка от изменения соотношения ходовых скоростей движения скоростного пассажирского и грузового поездов. При больших размерах скоростного движения предыдущая тенденция сохраняется.

4. Величина коэффициента съема грузовых поездов высокоскоростными пассажирскими подчиняет по пономинальному закону распределение, а величина коэффициента съема грузовых поездов скоростными и высокоскоростными пассажирскими подчиняет по логарифмическому закону распределение.

5. Исследовании доказано, что при необходимости подобрать увеличения ходовых скоростей движения грузовых поездов сокращается при обгонов, интервал попутного прибытия и отправления, а пропускная и провозная способность возрастает.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Болтаев С.Т. Методы и алгоритмы автоматизации управления на станциях железных дорог Республики Узбекистан при высокоскоростном движении.: дис. канд. техн. наук. – С-Пб., 2018.
2. Левин Д.Ю., Павлов В.Л. Расчет и использование пропускной способности железных дорог. – М.: ФГОУ «Учебно-методический центр образованию на железнодорожном транспорте», 2011. –364 с.
3. Климова Е.В. Применение трендового анализа для определения коэффициентов съема грузовых скоростными и высокоскоростными поездами [Текст]./Е.В.Климова/ Политранспортные системы: М-лы VIII Международной научно-технической конференции в рамках года науки Россия – ЕС «Научные проблемы реализации

Volume 2 | Issue 21 |
December 2023
ISSN: 2791-3651

транспортных проектов в Сибири и на Дальнем Востоке». – Новосибирск: Изд-во СГУПСа, 2015. –с. 77-80с. ISBN 978-5-93461-680-0.

4. Расулов М. Х. Анализ степени влияния коэффициента съема пассажирских поездов на пропуск грузовых на двухпутных участка / М.Х. Расулов, М.Н. Машарипов, Ж.Я. Абдуллаев // Инновационный транспорт– 2021. – №2(40). – С.59-64. Доступ по адресу: https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=ru&user=lJCACX8AAAAJ&citation_for_view=lJCACX8AAAAJ:zYLM7Y9cAGgC.
5. Абдуллаев Ж.Я. Поездлар ҳаракатини ташкил этиш усулларининг станциянинг иш кўрсаткичларига таъсири таҳлили / Ж.Я. Абдуллаев // Илмий тадқиқот ва инновация, №3, 2023-yil, 177-190 бет. – (Scientific Journal Impact Factor = 5.541).
6. Abdullaev Zh. Features of determining capacity on double-way lines when passing high-speed passenger trains. / Zh. Abdullaev, M. Rasulov, M Masharipov. – E3S Web of Conferences 264, 05002 (2021): https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126405002 CONMECHYDRO - 2021.
7. Грачев А.А. Выбор норм массы и длины поездов на однопутных железнодорожных участках / А.А. Грачев, Г.М. Грошев, Ж.Я. Абдуллаев, А.В. Сугоровский, А.С. Аль – Шумари // Бюллетень результатов научных исследований. – СПб.: ПГУПС, 2019. – № 3. – С. 25 – 37. Доступ по адресу: https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=ru&user=JiOOJC0AAAAJ&cstart=20&pagesize=80&citation_for_view=JiOOJC0AAAAJ:QIV2ME_5wuYC.
8. Грошев Г.М. Факторный анализ расчетов пропускной способности перегонов при различных типах графика соответствии инструкции [Текст] / Г.М. Грошев, Ж.Я. Абдуллаев, А.В. Сугоровский, А.С. Аль-Шумари //. Материалы международной научно – практической конференции «Наука и образование: достижения и перспективы» – Саратов.: Филиал СамГУПС , 2018.–С. 64 – 85. Доступ по адресу: https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=ru&user=lJCACX8AAAAJ&citation_for_view=lJCACX8AAAAJ:Tyk-4Ss8FVUC.
9. Грошев Г.М. Исследование закономерностей колебаний величины погонных нагрузок в составах грузовых поездов и их влияния на организацию вагонопотоков / Г.М. Грошев, Ж.Я. Абдуллаев, Б.Е. Алексеев, А.В. Сугоровский // Материалы международной научно-практической конференции: Б. П. Бещев Выдающийся выпускник, великий железнодорожник – СПб.: ПГУПС, 2019. – 133 – 137 с. Доступ по адресу:https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=ru&user=lJCACX8AAAAJ&citation_for_view=lJCACX8AAAAJ:UeHWp8X0CEIC.
10. Абдуллаев Ж.Я. Определение коэффициента съема грузовых поездов на двухпутных железнодорожных участках / Ж.Я. Абдуллаев // «Ёнғин-портлаш хавфсизлиги» илмий-амалий электрон журнали. – Т.: ЎзРФВВА, 2020. – № 2 (5). – С. 240 – 249. Доступ по адресу: https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=ru&user=lJCACX8AAAAJ&citation_for_view=lJCACX8AAAAJ:W7OEmFMy1HYC
11. Абдуллаев Ж.Я. К вопросу определения коэффициента съема грузовых поездов на двухпутных железнодорожных участках / Ж.Я. Абдуллаев // Научные труды республиканской научно – технической конференции “Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте – Т.:ТГТУ, 2020 –С.14-23.
12. Каретников, А. Д. Совершенствование графика движения поездов и улучшение использования пропускной способности железнодорожных линий/ А.Д. Каретников, Н. А. Воробьев//. – М., ВНИИЖТ, 1960. – 222 с.

Volume 2 | Issue 21 |
December 2023
ISSN: 2791-3651

13. Кочнев Ф.П. Комплексное повышение скоростей движения поездов. – М.: Транспорт, 1989. – 176 с.
14. Максимович Б.М. Выбор способов увеличения пропускной способности железнодорожных линий по технико–экономическим показателям: Учебное пособие / под ред. В.Е. Ярмоленко Гомель: БелИИЖТ, 1972. –56 с.
15. Дьяков Ю.В. Использование и развитие пропускной способности железных дорог /Ю. В. Дьяков, А. М. Макарочкин//. – М. : Транспорт,1981. – 287 с.
16. Макарочкин А.М. Оптимизация развития пропускной способности железнодорожных линий. – М.:, Транспорт, 1969.-198с.
17. Грошев Г.М. Пропускная способность и графика движения поездов на участках железной дороги: Учебное пособие/Г.М. Грошев, А.А. Грачев, А.С. Бессолицын, О.В. Котенко, Б.Е. Алексеев; пор ред. доктора техн. наук Г.М.Грошева//. – СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2016. – 53 с.
18. Котенко О.В. Влияние веса и скорости грузовых поездов на провозную способность однопутных линий большой грузонапряженности / О.В. Котенко, А.С. Аль-Шумари // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2011. – №1. – С. 27-34.
19. Аль-Шумари, А.С. Влияние веса грузовых поездов на провозную спо-собность / А.С. Аль-Шумари // Актуальные проблемы управления перевозочным процессом. Сборник научных трудов ПГУПС. – СПб.: 2007. – С. 127-133.
20. Грачев А.А. Вечные вопросы организации движения поездов на двухпутных участках [Текст]./А. А. Грачев, В. Л. Белозеров//. Известия ПГУПС, Проблематика транспортных систем. Вып.№3, – 2017. – С. –399-405
21. Климова Е.В. Влияние скоростей движения поездов на показатели работы железных дорог [Текст] /Бессонко С.А., Климова Е.В.,// Железнодорожный транспорт -2017. – №3.- С. 54-57.
22. Угрюмов А. К. Вопросы организации движения на двухпутных участках / А.К. Угрюмов // Вопросы эксплуатации железных дорог СССР. – Труды ЛИИЖТа. – Л. : Трансжелдориздат, 1960. Вып. 170. – С. 34–63.